

## Bingöl İli Rüzgar Potansiyeli ve İklim Değişikliğinin Etkisi

Sadık Alashan<sup>1,\*</sup> 

<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 12000, Bingöl.

### Özet

Güneşin yeryüzünün farklı bölgelerini farklı ısıtmasından dolayı meydana gelen rüzgâr olayının, bulutların taşınarak yağmurların oluşması, çiçek tozlarının taşınarak döllenmesi, yenilenebilir ve temiz enerji kaynağı olarak kullanılması gibi birçok faydası mevcuttur. Bu çalışmada Bingöl ili ortalama rüzgâr hızları ve günümüzde meydana gelen iklim değişikliğinin etkisi araştırılmıştır. Ayrıca çalışmada Bingöl ili üzerinde hâkim olan rüzgâr yönü ve esen rüzgârın hangi yönden ne kadar sürekli olduğu araştırılmıştır. Rüzgâr hızı potansiyeli belirleme çalışmaları literatürde çok fazla yer almasına karşın bu potansiyelin iklim değişikliği ve/veya şehirleşme karşısında davranışını belirleme çalışmaları güncelliğini korumaktadır. Bu çalışma iki aşamada gerçekleştirilmekte olup birinci aşamada rüzgâr hızı potansiyeli belirlenmiş, ikinci aşamada ise bu potansiyelin gelecekteki davranışını incelenmiştir. İklim değişikliği ve/veya şehirleşmenin etkilerini araştırmak üzere literatüre yeni kazandırılan ve birçok araştırmacı tarafından kullanılan yenilikçi yöntem çözümleri (YYÇ), geleneksel doğrusal regresyon (DR) ve Mann-Kendall (MK) yöntemleri kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda Bingöl ilinin genel olarak kuzeybatı yönünden rüzgârlarla beslendiği ve rüzgâr potansiyelinin tüm aylarda azalma eğiliminde olduğu ve söz konusu üç yöntemde birbirleri ile tutarlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

### Anahtar Sözcükler

İklim Değişikliği, Yönelim, Şen Yenilikçi Yönelim Analizi, Rüzgâr, Bingöl

## Wind Potential of Bingöl Province and the Impact of Climate Change

### Abstract

The winds are comprised of different heating of different areas by sun are beneficial to move clouds for precipitation and to transport pollen for fertilize of plants and used to generate clean and renewable energy resource. In this study, wind velocity and its change against the climate change is investigated for Bingöl province, Turkey. Furthermore, the continuity of the wind potential according to geographical directions for this city is investigated and the prevailing wind direction is determined. Although there are many studies on wind potential calculation, the determination of climate change and/or urbanization effects on this resource is new and current in the literature. In this study, firstly wind potential in Bingöl province is calculated and then the future behavior of this resource is examined. Innovative trend analysis which is a new trend determination method and used many researchers as well as traditional linear regression and Mann-Kendall methods are used to investigate the climate change and urbanization effects on winds in the city. As a result, northwest winds are prevailed on the city and the wind potential has a decreasing trend and all three methods give consistent results relative to each other.

### Keywords

Climate Change, Trend, Şen Innovative Trend Analysis, Wind, Bingöl

### 1. Giriş

İnsanoğlu çok eski zamanlardan beri rüzgâr gücünü, tahılları öğütmek amacıyla değirmenlerde, suyun daha yüksek seviyelere taşınması için su kaynaklarında ve ticaret için yelkenlilerle deniz yolculuklarında kullanmışlardır. Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile birlikte elektrik enerjisi üretmek amacıyla da kullanılmaktadır. İklim değişikliğinin insan kaynaklı ana nedenlerinden olan fosil yakıt tüketimi (tükenebilir ve kirlitici) atmosferdeki sera gazlarının sürekli artmasına neden olmaktadır. Rüzgâr gücü yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarından olduğundan enerjisini güneşten alarak tükenebilir ve kirlitici kaynaklara olan bağımlılığın azalmasına imkân tanımaktadır. İlk kurulum maliyeti yüksek olmasına rağmen teknolojiyle birlikte bu maliyet de giderek düşmektedir. Hammadde tüketimi gerektirmez ve bu durum ülke dışına döviz çıkışını sınırlar ve dış ticaret açığını azaltır. Rüzgâr hızına bağlı olarak güç hesaplanması ile alakalı yerli literatürde birçok çalışma mevcuttur (Pusat 2017; Koyuncu ve Lüle 2009; Aydın 2014; Mert ve Karakuş 2015; Kaplan 2016; Emeksiz vd. 2016; Dinçer vd. 2017; Akpınar ve Balpetek 2019). Geçmiş dönemlerde çok fazla kullanılan fosil yakıtlar atmosfere aşırı derecede sera gazı salınımı yaparak iklim değişikliğini günümüzde hissedilir duruma getirmiştir. Güneşin yeryüzünü farklı miktarlarda ısıtması ve yeryüzünün güneş ışımasını farklı derecelerde yansıtması ve dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi sonucu meydana gelen rüzgârlar iklim değişikliğinden zorunlu olarak etkilenmektedir.

Hava sıcaklıklarının artması (azalması) ile hava basıncında azalış (artış) meydana gelmektedir. Hava kütlelerinde meydana gelen basınç artışı veya azalışı yatay hava hareketleri (rüzgarlar) ile dengelenmektedir. İklim değişikliği hava sıcaklıklarında ve dolayısıyla hava kütlelerinde basınç değişimine neden olarak rüzgârlarda artma veya azalma yönelimi meydana getirmektedir. Kuzey yarımkürede orta kuşakta meridyenler arası sıcaklık farkları ve dolayısıyla basınç farkları azaldığından rüzgârlarda azalma beklenmektedir (Karnauskas vd. 2018). Bunun dışında nüfusun artışı ile birlikte hızla büyüyen şehirleşmenin ürünü yapılar da rüzgârları engellemektedir. Meteorolojik değişkenler üzerinde meydana gelen yönelim (trend) etkisini belirlemek üzere Mann-Kendall, sıralı Mann-Kendall, Spearman rho, doğrusal regresyon (lineer regresyon) çözümlemesi gibi çok kullanılan geleneksel yönelim belirleme yöntemleri yanında son zamanlarda literatüre kazandırılan yenilikçi yönelim çözümleme yöntemi de mevcuttur (Mann 1945; Sen 1968; Kendall 1975; Şen 2012, 2017). Söz konusu yöntem birçok araştırmacı tarafından kullanılmış, görsel ve kısmi yönelim belirleme açısından diğer yöntemlere göre üstünlüğü veya diğer yöntemlerle uyumlu sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Dabanlı vd. 2016; Öztöpal ve Şen 2017; Saphioğlu vd. 2017; Güçlü 2018; Keskin vd. 2018; Şişman 2018).

Bu çalışmanın amacı Bingöl iline ait rüzgâr hızlarını coğrafik yönlere ve esme sürekliliğine göre ay bazında belirlemek ve iklim değişikliği ve/veya şehirleşme sonucunda meydana gelen yönelimleri geleneksel doğrusal regresyon, Mann-Kendall (MK) ve literatüre yeni katılan yenilikçi yönelim çözümleme yöntemlerini kullanarak hesaplamaktır.

## 2. Çalışma Alanı ve Veriler

Bingöl ili Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat bölümünde yer almaktadır. İl 41° 20' ve 39° 56' doğu boylamları ile 39° 31' ve 38° 28' kuzey enlemleri arasında yer almakta olup deniz seviyesinden yaklaşık 1250 metre yüksekliğe sahiptir (Şekil 1). Bu çalışmada Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1970 ile 2017 yılları arasında 16 adet coğrafik yönde ölçülen aylık hâkim ortalama rüzgâr hızı değerleri kullanılmıştır. Rüzgâr hızına ait istatistiksel bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Minimum (maksimum) aylık ortalama rüzgâr hızı 1.07 m/s (1.99 m/s) ile Ocak (Temmuz) ayında görülmektedir. Ocak ve Şubat ayları 0.39 m/s ile minimum standart sapma değerine sahipken Temmuz ayı 0.73 m/s ile maksimum standart sapma değerine sahiptir. Aynı zamanda Ocak ve Şubat ayları 0.2 m/s minimum aylık rüzgar hızı değerine sahiptir. Haziran ve Ağustos ayları 3.5 m/s maksimum aylık rüzgar hızı değerine sahiptir. Çarpıklık katsayıları -0.32 m/s (Temmuz) ve 0.21 m/s (Şubat) arasında değişmektedir. Aralık ayı yüzde olarak maksimum değişim katsayısına (0.43) sahiptir.

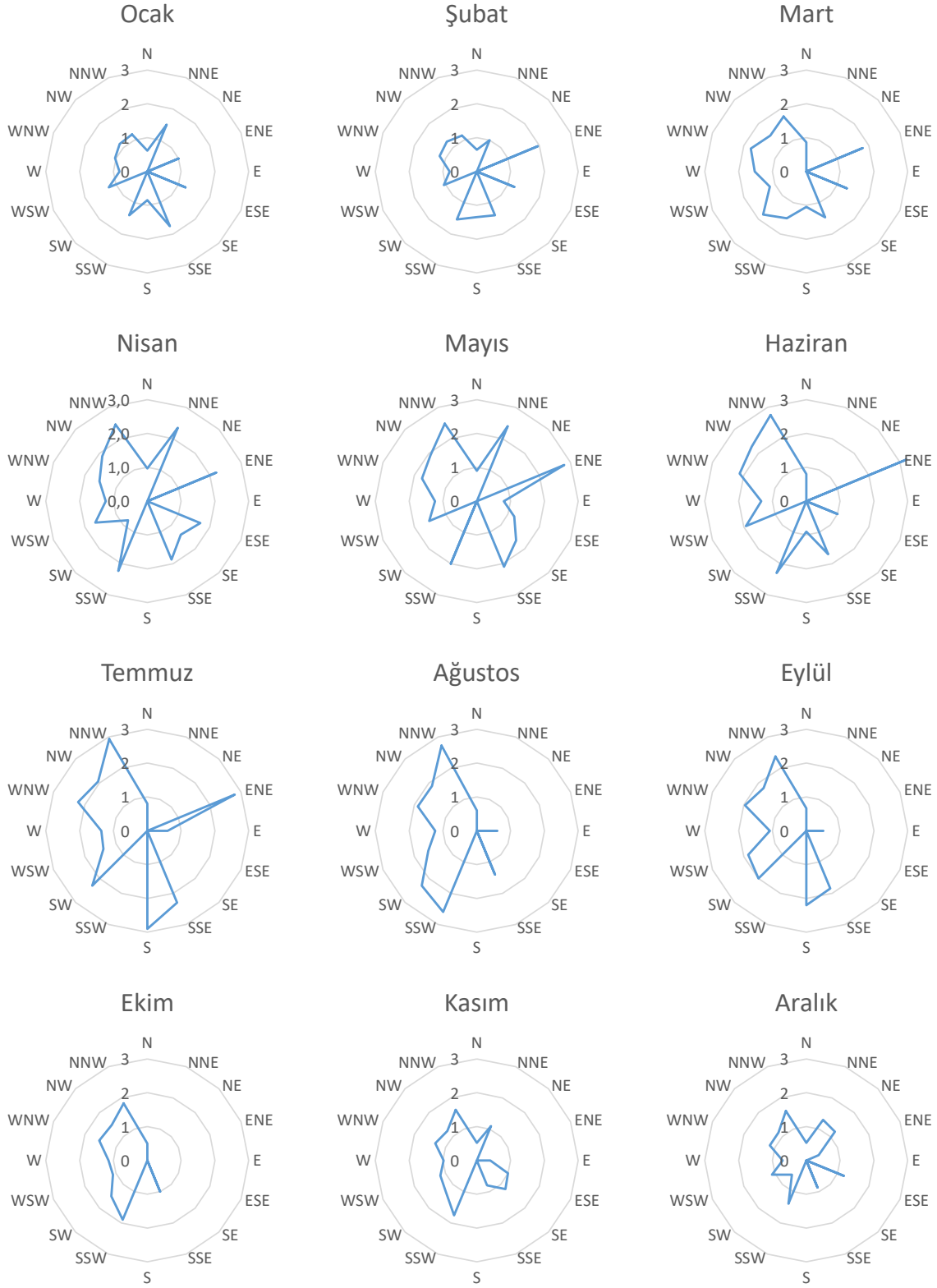
Tablo 1: Bingöl ili aylık ortalama rüzgâr hızı istatistiksel bilgileri

Aylar	Aylık ortalama rüzgâr hızı (m/s)					
	Ortalama	Standard Sapma	Maksimum	Minimum	Çarpıklık	Değişim (%)
Ocak	1,07	0,39	2,00	0,20	0,07	0,36
Şubat	1,12	0,39	2,00	0,20	0,21	0,35
Mart	1,51	0,47	2,40	0,40	-0,11	0,31
Nisan	1,68	0,54	2,80	0,60	-0,07	0,32
Mayıs	1,73	0,62	3,30	0,70	0,09	0,36
Haziran	1,97	0,68	3,50	0,60	-0,03	0,35
Temmuz	1,99	0,73	3,40	0,50	-0,32	0,37
Ağustos	1,85	0,72	3,50	0,50	-0,05	0,39
Eylül	1,69	0,63	3,00	0,50	-0,23	0,38
Ekim	1,39	0,55	2,60	0,50	0,10	0,40
Kasım	1,21	0,47	2,10	0,40	-0,20	0,39
Aralık	1,08	0,46	2,20	0,30	0,14	0,43



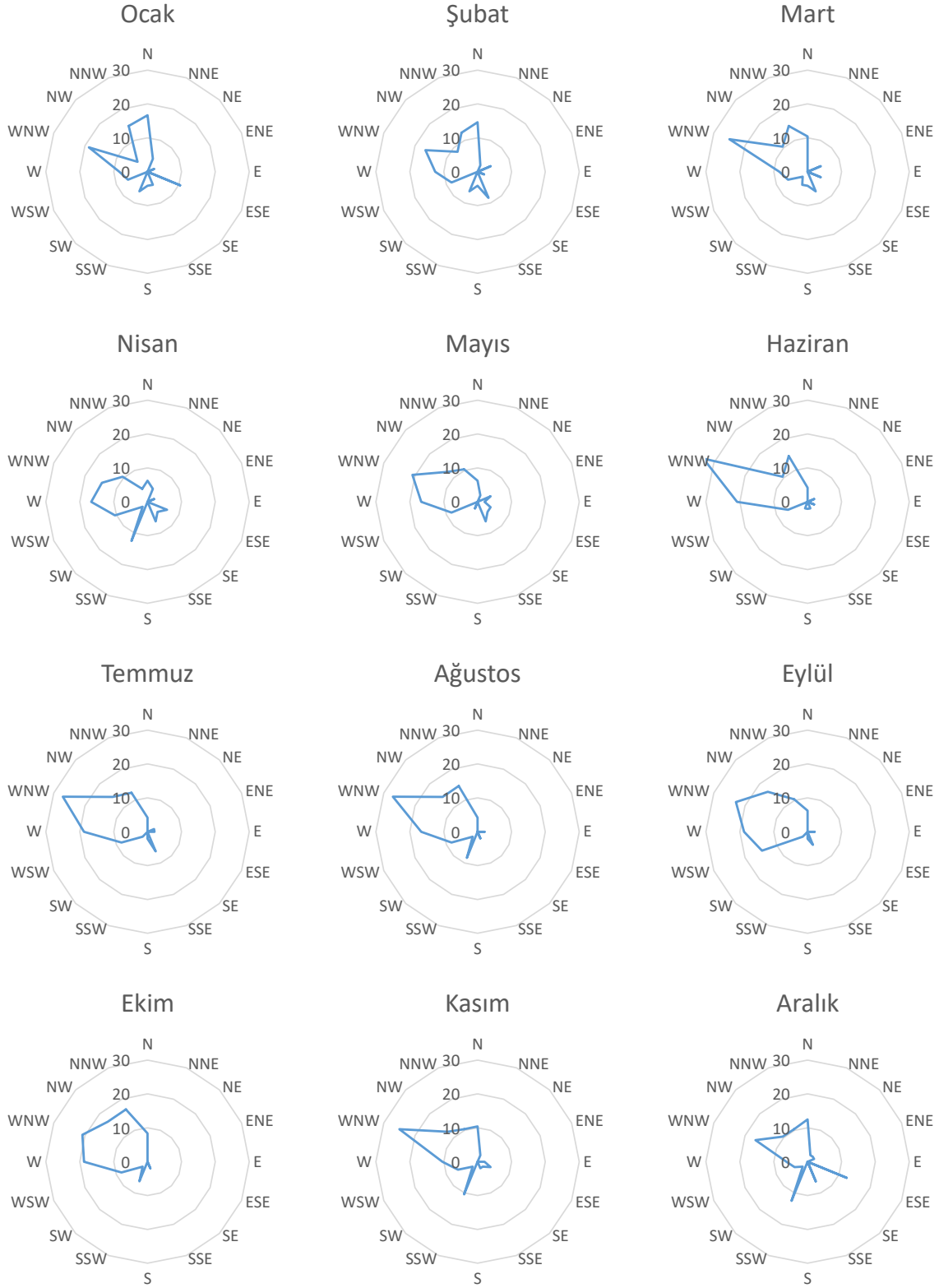
Şekil 1: Bingöl il haritası

Rüzgâr hızının şiddeti zamana ve esme yönüne göre çok fazla değişmektedir. Bingöl iline ait ortalama rüzgâr hızları esme yönüne göre Şekil 2’de verilmektedir. Bingöl ili için rüzgârın hızı yaz ve ilkbahar mevsimlerinde kış ve sonbahar mevsimlerine göre daha şiddetlidir. Rüzgârın esme yönüne göre, Ocak ayında maksimum rüzgâr hızı (m/s) güney-güneydoğu (SSE) yönünden, Şubat, Mart, Mayıs ve Haziran ayları için doğu-kuzeydoğu (ENE) yönünden, Nisan, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Aralık ayları için kuzey-kuzeybatı (NNW) yönünden, Ekim ve Kasım ayları için güney-güneybatı (SSW) yönünden esmektedir. Mevsimsel olarak maksimum rüzgâr hızları sonbahar için kuzey-kuzeybatı ve güney-güneybatı, kış için kuzey-kuzeybatı, güney-güneydoğu ve doğu-kuzeydoğu, ilkbahar için doğu-kuzeydoğu ve kuzey-kuzeybatı, yaz için doğu-kuzeydoğu ve kuzey-kuzeybatı yönlerinden esmektedir. Ayrıca Bingöl ili için rüzgârın yönlere göre süreklilik eğrileri Şekil 3’de görülmektedir. Hâkim rüzgâr esme yönü Ocak, Şubat, Mart, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım ve Aralık ayı için batı-kuzeybatı (WNW), Nisan ayı için batı (W) yönünden esmektedir. Nisan ayı için de batı (W) yönünden sonra en fazla rüzgâr batı-kuzeybatı (WNW) yönünden esmektedir.



Şekil 2: Bingöl ili rüzgâr yönü ve şiddeti (m/s)





Şekil 3: Bingöl ili rüzgar frekans radar grafiği (%)

### 3. Yöntem ve Uygulama

Bingöl iline ait rüzgâr hızı verileri üzerindeki yönelimleri belirlemek üzere geleneksel doğrusal regresyon (lineer regresyon), Mann-Kendall (MK) ve yeni literatüre kazandırılan yenilikçi yönelim çözümleme yöntemleri kullanılmıştır. Doğrusal regresyon yöntemi zamanla değişen verilere en uygun yani toplam hatayı sıfır yapacak doğrusal eğriyi elde etmeye yarar (Denklem 1). Burada t, zaman, s, zamanla meydana gelen eğilimi, a, belli bir sabit ve  $V_{r,t}$  zamana bağımlı rüzgâr hızını temsil etmektedir.

$$V_{r,t} = a + st \quad (1)$$

Mann-Kendall yöntemi literatürde çok fazla kullanılan bir yönelim (trend) belirleme yöntemidir. Verilerin normal dağıldığı ve bağımsız olduğu varsayımı üzerine geliştirilmiştir. Söz konusu yöntem zamana göre sıralanan verilerin, kendi içinde belli bir istatistik önem seviyesine göre kıyaslanmasına dayanır. Eğer sıralı bir veri kendinden önce gelen bir veriden küçükse -1, büyükse 1 ve eşitse 0 değeri atanır (Denklem 2). Burada n veri sayısını göstermektedir. Bu değerler toplanarak MK test istatistiği (S parametresi) hesaplanır (Denklem 3). MK test istatistiği, S, parametresinin yayılımı (varyansı) veri sayısına ve veri içindeki bağlı gruplara (t) bağlıdır (Denklem 4). Başlangıç hipotezi ( $H_0$ ) olarak veri grubu içerisinde herhangi bir yönelimin olmadığı kabul edilir. S parametresinin büyüklüğüne ve yayılımına (varyansına) bağlı olarak hesaplanan MK standart test parametresi, z, değeri kritik  $z_k$  değerinden mutlak büyükse veri grubunda yönelim olduğu kabul edilir ( $H_1$  hipotezi). Bu çalışmada kritik MK standart test parametresi,  $z_k$ , değeri %99 önem seviyesi için  $\pm 2.58$  olarak alınmıştır.

$$sgn(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & x_i > x_j \\ 0 & x_i = x_j \\ -1 & x_i < x_j \end{cases} \quad (2)$$

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=2}^{n-1} sgn(x_j - x_i) \quad (3)$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (4)$$

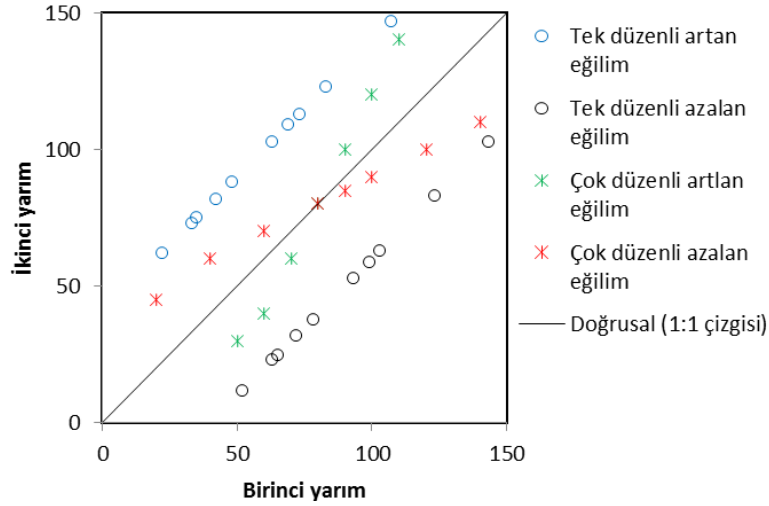
$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Yenilikçi yönelim çözümleme (innovative trend analysis) yöntemi, esas olarak incelenecek verinin iki eşit yarım grup halinde birbiri ile kıyaslanmasına dayanır. Yöntemi uygulamak için öncelikle eldeki veri iki eşit yarım gruba ayrılır. Her bir yarım gruptaki veriler kendi arasında küçükten büyüğe doğru sıralanır. Sonra ilk yarım yatay eksen ve ikinci yarım düşey eksen olacak şekilde grafik üzerinde bir saçılma noktaları elde edilir. Sonra bu grafik üzerine 1:1 (45°) bir düz çizgi çizilir. Söz konusu 45° çizgisinin üzerindeki noktalar artma eğilimini altındaki noktalar ise azalma eğilimini gösterir. Eğer tüm saçılma noktaları 1:1 çizgisinin üzerinde (altında) ise buna tek düzenli artan (azalan) eğilim denilmektedir. Eğer saçılma noktalarının bir kısmı 1:1 (45°) çizgisinin altında (üstünde) diğer kısmı üstünde (altında) ise buna çok düzenli artan (azalan) eğilim denilmektedir (Şekil 4). Çok düzenli eğilim durumunda veri aralığı az, orta, çok gibi kısımlara ayrılarak her bir kısım için ayrı eğilimler bulunabilir. Böylece çok düzenli eğilim grafikleri daha kolay yorumlanabilmektedir.

Rüzgâr verileri zamana göre  $V_1, V_2, \dots, V_n$  olarak gösterilsin. Toplam veri sayısı n olmak üzere ilk yarım seri (x)  $V_1, V_2, \dots, V_{n/2}$  ve ikinci yarım seri (y)  $V_{n/2+1}, V_{n/2+2}, \dots, V_n$  olur. Ayrıca  $\bar{x}$ , ilk yarım verilerinin ortalamasını ve  $\bar{y}$ , ikinci yarım verilerinin ortalamasını ve n toplam veri sayısı olmak üzere yönelim miktarı (s), YYÇ yöntemine göre Denklem 6 ile bulunabilir. Doğrusal regresyon ve yenilikçi yönelim çözümleme yöntemlerine ait hata oranlarını hesaplamak için yüzdesel ortalama hata oranı kullanılmıştır (Denklem 7). Burada, e yüzde cinsinden ortalama hata oranını,  $V_h$  hesaplanan ve  $V_g$  gözlenen rüzgâr hızlarını göstermektedir.

$$s = \frac{2}{n} (\bar{y} - \bar{x}) \quad (6)$$

$$e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{V_{h,i} - V_{g,i}}{V_{g,i}} * 100 \quad (7)$$



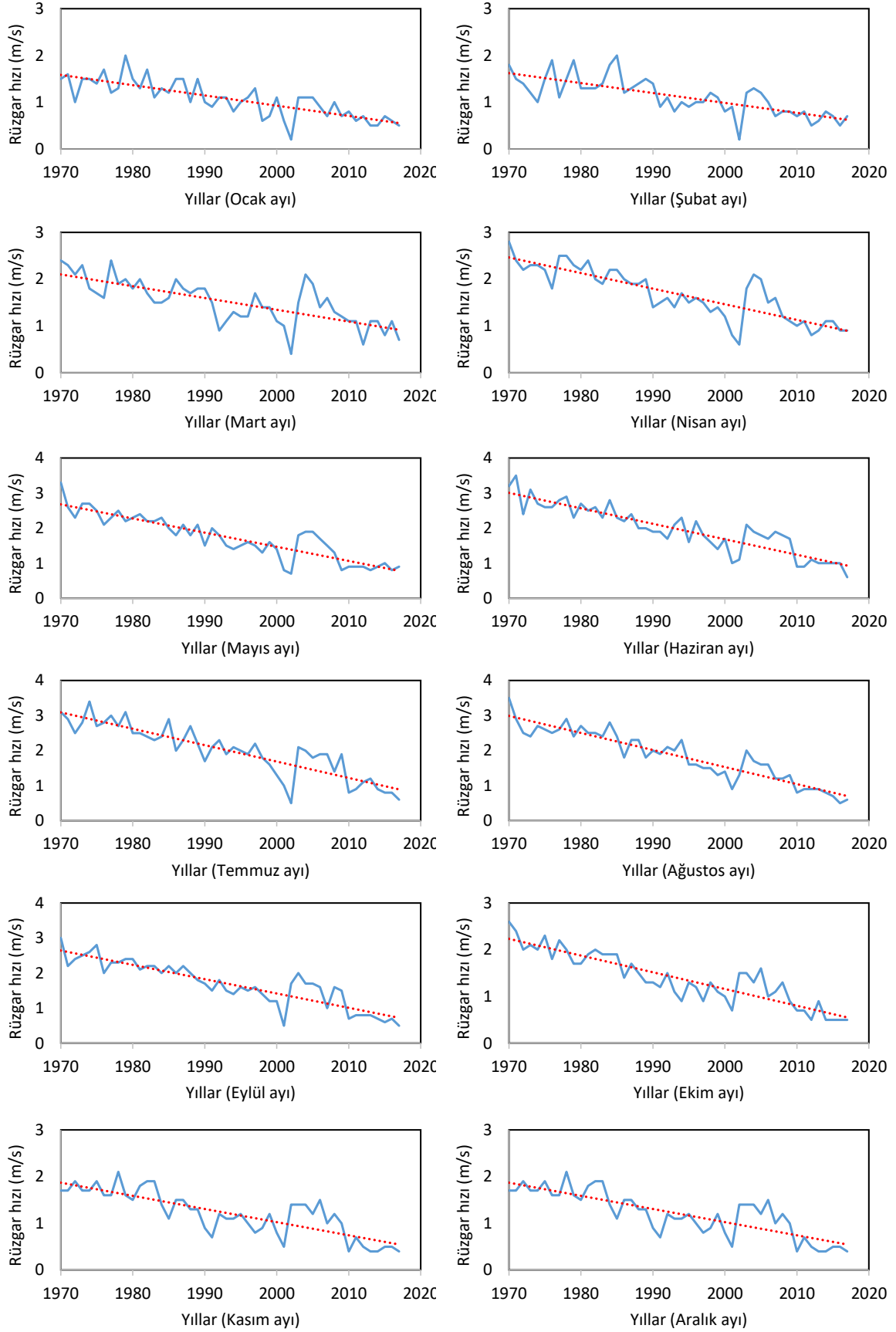
Şekil 4: Yenilikçi yönelim çözümlemesi taslak grafik

Öncelikle Mann-Kendall (MK) yöntemine göre yönelimin varlığı aylık ortalama rüzgâr hızı verileri içerisinde araştırılmıştır. MK yöntemi yönelimin büyüklüğü ile alakalı bilgi verememektedir. Bu yüzden %99 önem seviyesine göre yönelimin yönü ve var olup olmadığı araştırılmıştır (Tablo 2). MK yöntemine göre tüm aylarda standart test parametresi,  $z$ , değerleri -3.02 ve -5.48 aralığında bulunmuştur. Bu durum ( $z < -2.58$ ) tüm aylarda %99 önem seviyesinde azalan yönelimin olduğunu göstermektedir. DR yöntemine göre rüzgâr hızı yönelim miktarları Bingöl ili için grafiksel olarak Şekil 5 üzerinde gösterilmektedir. Bu grafiklerde mavi çizgi zamanla değişen rüzgâr hızı verilerini ve kırmızı kesikli çizgi yönelim eğrisini göstermektedir. Şekil 5 üzerinde yönelim eğrisine bakıldığında tüm aylar için azalan bir yönelim görülmektedir. Her ay için yönelim eğrisi azalan bir durum göstermesine rağmen yönelim eğrisinin eğimi dolayısıyla yönelim miktarı farklıdır. YYÇ yöntemine göre yönelim miktarları ise grafiksel olarak Şekil 6 üzerinde gösterilmektedir. Şekil üzerindeki grafiklerde yatay eksen ilk yarıml seriyi, dikey eksen ikinci yarıml seriyi, siyah düz çizgi 45° (1:1) yönelim yok eğrisini, mavi daireler ilk yarıml ve ikinci yarıml sıralı seri noktalarını ve kırmızı kesikli çizgi yönelim eğrisini göstermektedir. YYÇ yöntemine göre yönelim miktarı yönelim çizgisi ile yönelim yok çizgisi arasındaki uzaklığa bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca yönelim çizgisinin yönelim yok çizgisinin altında (üstünde) olması azalan (artan) yönelimi göstermektedir. Şekil 6 üzerinde görüldüğü üzere tüm aylarda yönelim çizgisi (kırmızı kesikli çizgi) yönelim yok çizgisinin (siyah düz çizgi) altında yani azalan yönelim miktarları vardır ve her ay için farklı miktarlardadır.

Bingöl ili rüzgâr hızı verileri üzerinde bulunan yönelimin varlığı MK yöntemine göre araştırılmış ve yönelim miktarları YYÇ ve DR yöntemlerine göre hesaplanmıştır. Hesaplanan yönelim miktarları ve hata oranları Tablo 2’de verilmiştir. YYÇ yöntemine göre yönelim miktarları,  $s$ , -0.049 m/s/yıl ile -0.023 m/s/yıl arasında değişmektedir. DR yöntemine göre ise -0.049 m/s/yıl ile -0.021 m/s/yıl arasında değişmektedir. Her iki yöntem için, maksimum yönelim miktarı Ağustos ve minimum yönelim miktarı Şubat ayında meydana gelmektedir. YYÇ yöntemine göre yüzdesel ortalama hata oranları -1.20 ile -8.25 arasında değişirken DR yöntemine göre -0.14 ile -13.26 arasında değişmektedir. YYÇ yönteminde hata oranları tüm aylarda %10 ‘dan az hesaplanmıştır.

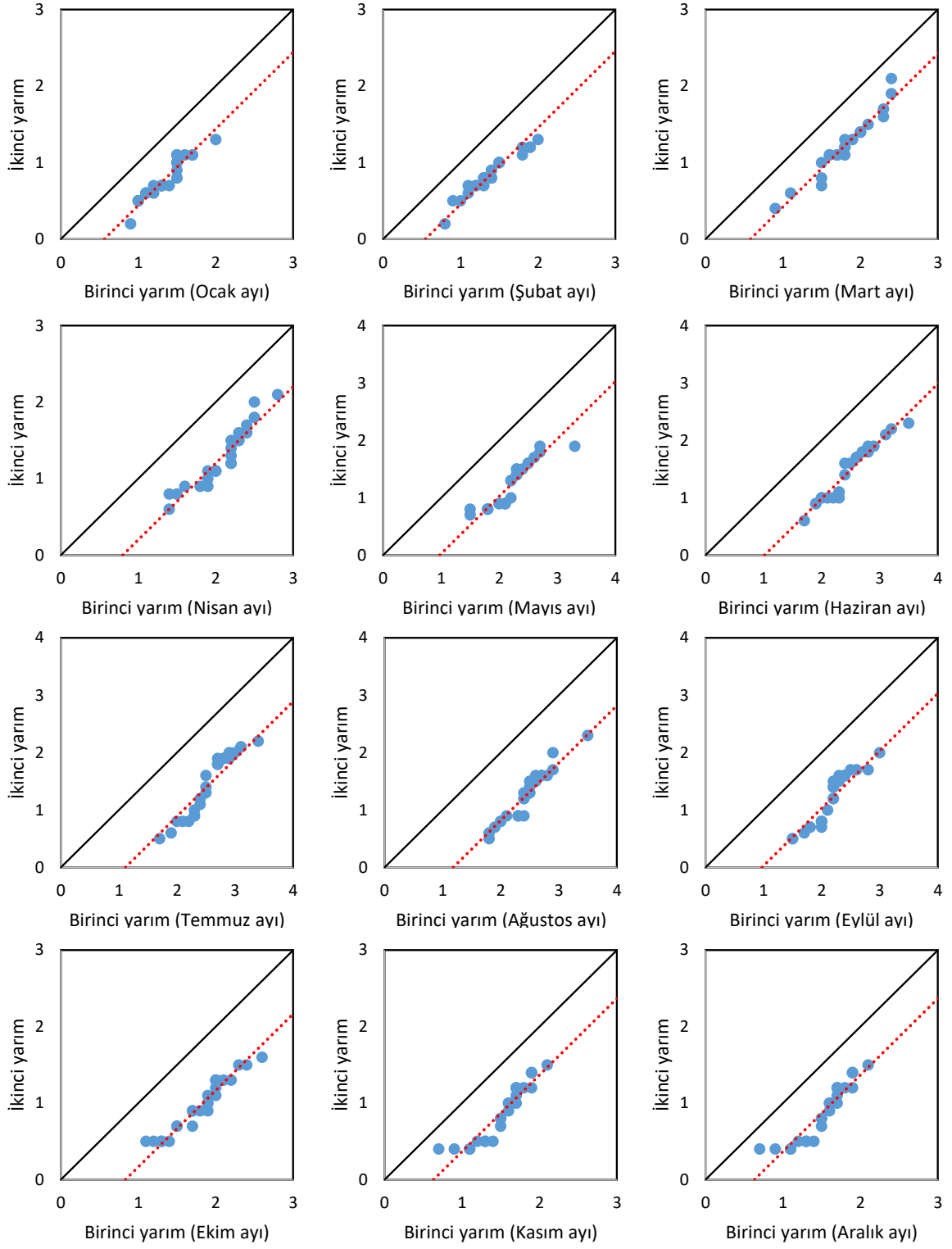
Tablo 2: Bingöl ili aylık ortalama rüzgâr hızı verileri yönelim ve hata miktarları

Aylar			Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Yönelim parametreleri	MK	z	-3.02	-3.03	-3.13	-4.64	-5.02	-4.72	-4.62	-5.48	-5.13	-4.69	-4.25	-4.04
		s	-0.023	-0.023	-0.024	-0.033	-0.041	-0.042	-0.046	-0.049	-0.040	-0.035	-0.026	-0.026
	YYÇ	a	1.63	1.67	2.09	2.48	2.70	2.99	3.11	3.03	2.66	2.23	1.84	1.84
		s	-0.022	-0.021	-0.025	-0.033	-0.040	-0.044	-0.047	-0.049	-0.041	-0.036	-0.028	-0.028
	DR	a	44.77	43.42	51.84	68.33	82.25	90.20	95.14	98.97	83.19	72.80	57.30	57.30
		YYÇ	-7.53	-8.25	-6.84	-3.38	-2.34	-2.86	-5.83	-1.20	-4.76	-3.21	-8.13	-8.13
Ortalama yüzde hata ( e ) %	DR	-12.19	-11.51	-12.25	-6.90	-0.14	4.15	-7.58	-2.38	-1.09	-4.99	-13.26	-13.26	

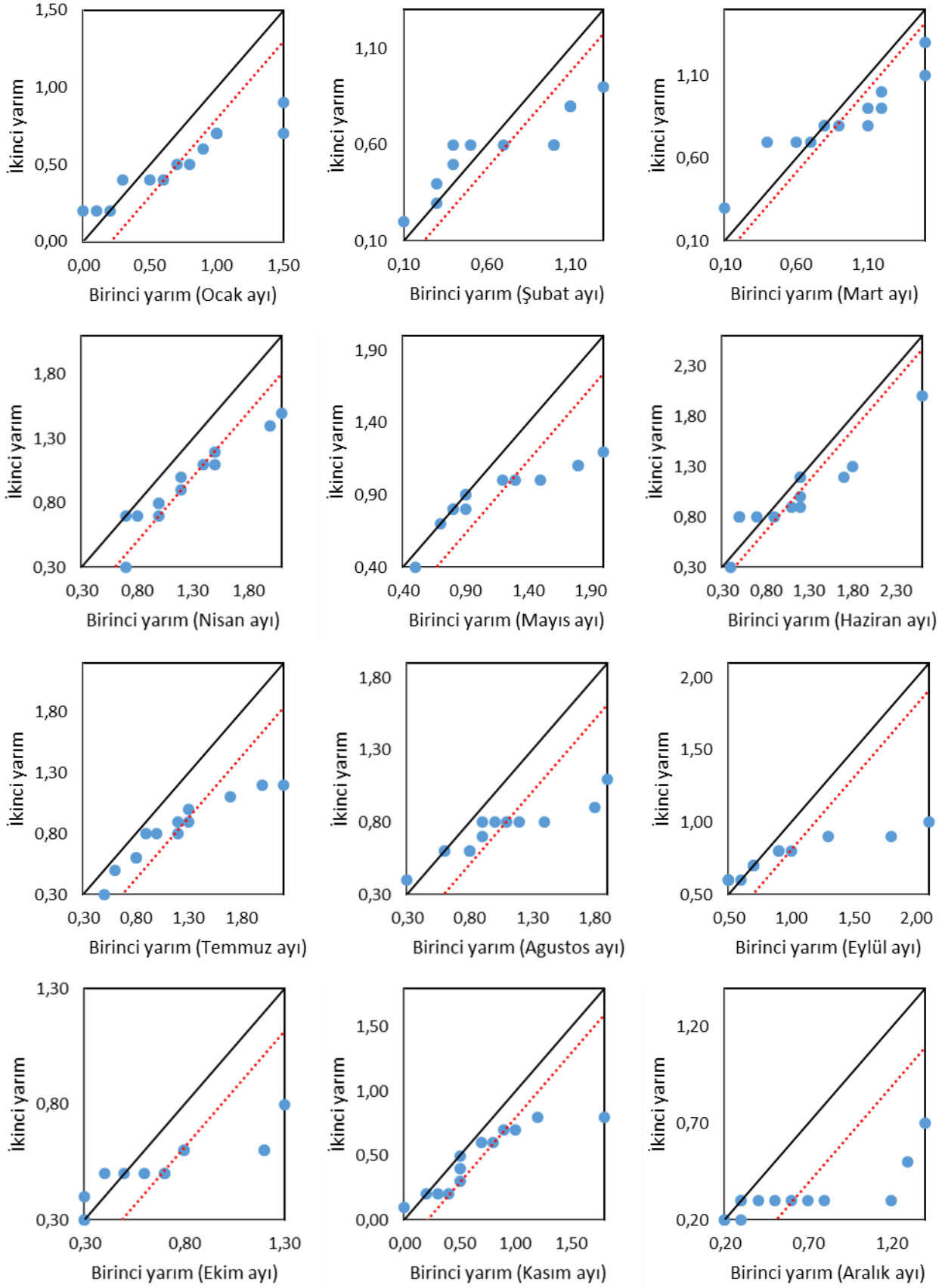


Şekil 5: Doğrusal regresyon analiz sonuçları





Şekil 6: Bingöl İli aylık ortalama rüzgâr hızları (m/s) için yenilikçi yönelim analiz sonuçları



Şekil 7: Genç ilçesi aylık ortalama rüzgâr hızları (m/s) için yenilikçi yönelim analiz sonuçları

Küresel iklim faktörlerinin Bingöl ili aylık ortalama rüzgâr verilerinin azalma eğilimi üzerinde etkisini irdelemek üzere kırsal bölge analizi ve genel iklim modeli değerlendirmelerinden faydalanılmıştır. İklim parametrelerindeki değişikliğin küresel ölçekli faktörlerden mi yoksa yerel faktörlerden mi kaynaklandığını belirlemek için şehrin meteoroloji istasyonu yanında kırsal alandaki istasyonları analiz etmek gerekmektedir (Gönençgil 2011; Kum ve Kılıç 2013). Kırsal bölge değerlendirmesi için 2018 yılına ait şehir nüfusu 117556 kişi olan Bingöl iline yaklaşık 16 km uzaklıkta bulunan ve aynı yıl için 16565 nüfusa sahip Genç ilçesine ait aylık ortalama rüzgâr verilerinin YYÇ yöntemine göre analizi yapılmıştır (Şekil 7). Söz konusu analizde Genç ilçesi için de tüm aylarda azalma eğilimi elde edilmiştir.

Genel iklim modelleri değerlendirmelerinde istisnai durumlar hariç, Karnauskas vd. (2018) tarafından kuzey yarımkürede orta kuşakta (Türkiye) rüzgâr olaylarının azalması beklenmektedir. Vautard vd. (2010) tarafından 822 meteoroloji istasyonunun 1979-2008 yılları arasındaki ölçülen rüzgâr verilerini kullanarak yapılan çalışmada, kuzey yarımkürede orta kuşakta %5 ile %15 arasında rüzgâr hızlarının azaldığı ve güçlü rüzgârların zayıf rüzgârlardan daha fazla yavaşladığı belirtilmiştir.

#### 4. Sonuçlar

Bingöl ili rüzgâr hızı potansiyeli incelenen istasyon için aylara göre ortalama 1.07 m/s ve 1.99 m/s arasında değişmektedir. Söz konusu rüzgâr hızı verileri esme yönüne göre çok fazla değişmekte olup, şehir esas olarak kuzeybatı rüzgârlarıyla beslenmektedir. Bingöl ili ortalama rüzgâr hızı verileri üzerinde tek düzenli azalan bir yönelim vardır. Yönelim miktarları aylara göre -0.049 m/s/yıl ile -0.023 m/s/yıl arasında değişmektedir. Analizde kullanılan rüzgâr hızı verilerinde 1970-2017 yılları arasında (38 yıl) dönemsel olarak 0.87 m/s ile 1.86 m/s arasında azalma meydana gelmiştir. Yönelim miktarları geleneksel doğrusal regresyon (DR) ve yenilikçi yönelim çözümlemesi (YYÇ) yöntemleri ile hesaplanmıştır. Üç farklı yöntemin sonuçlarının birbiriyle tutarlı olması elde edilen sonuçların güvenilirliğini artırmaktadır. YYÇ yöntemi ile hesaplanan değerler mühendislik çalışmalarında kabul edilebilen %10 hata sınırının (Şen 2002) altındadır ve DR yöntemine göre daha iyi sonuç vermiştir. YYÇ yönteminin diğer iki yöntemle tutarlı sonuç vermesi yöntemin güvenilirliğini, DR yöntemine göre daha az hata oranı vermesi ise yöntemin hassasiyetini göstermektedir. Bingöl ili aylık rüzgâr hızı verileri üzerinde bulunan azalan yönelimlerin şehirleşmeyle birlikte iklim değişikliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kırsal alan değerlendirmesi (Genç ilçesi) ve genel iklim değerlendirmeleri bu sonucu destekleyici niteliktedir. Şehirlerde rüzgâr olayları üzerindeki azalma eğiliminde şehirleşmenin etkisi (ısı adası, rüzgâr bariyerleri) inkâr edilemese de bulgular rüzgâr verilerinde meydana gelen azalma eğilimlerinde şehirleşmeye ilave olarak küresel iklim faktörlerinin de rol aldığını düşündürmektedir. Bu durumun mühendislik, ziraat ve çevre planlamalarında doğru kararlar alınması için göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Özellikle mevcut rüzgâr potansiyeline göre Türkiye’de kurulan rüzgâr santrallerinde gelecekte yeterli enerji üretmemesi gibi sorunlarla karşılaşılması olasıdır.

#### Kaynaklar

- Akpınar E.K., Balpetek N., (2019), *Weibull ve Rayleigh dağılımlarına göre Elazığ ilinin rüzgâr enerjisi potansiyelinin istatistiksel analizi*, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(1), 569-580.
- Aydın İ., (2014), *Balıkesir’de rüzgâr enerjisi*, Doğu Coğrafya Dergisi, 18(29), 29-50.
- Dabanlı İ., Şen Z., Yeleğen M.Ö., Şişman E., Selek B., Güçlü Y.S., (2016), *Trend assessment by the innovative-şen method*, Water Resources Management, 30, 5193-5203.
- Diñer F., Rüstemli S., Yılmaz Ş., Çıngı A., (2017), *Kilis ili için farklı yüksekliklerdeki rüzgâr potansiyelinin belirlenmesi*, Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6(1), 12-20.
- Emeksiz C., Doğan Z., Gökrem L., Yavuz A.H., (2016), *Tokat bölgesi rüzgâr karakteristiğinin istatistiksel yöntemler ile incelenmesi*, Politeknik Dergisi, 19(4), 481-489.
- Gönençgil B., (2011), *Şehirleşmenin sıcaklık trendleri üzerine etkileri ve şehirsiz ısı adası kavramı*, Fiziki Coğrafya Araştırmaları, Sistemik ve Bölgesel, Prof. Dr. M. Yıldız Hoşgören Anısına Armağan içinde (Ekinci, D., Ed.), Türk Coğrafya Kurumu, İstanbul, ss.127-136.
- Güçlü Y.S., (2018), *Kıyaslamalı yenilikçi eğilim çözümlemesi temelleri ve uygulamaları*, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4(2), 182-191.
- Kaplan Y.A., (2016), *Rayleigh ve Weibull dağılımları kullanılarak osmaniye bölgesinde rüzgâr enerjisinin değerlendirilmesi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20(1), 62-71.
- Karnauskas K.B., Lundquist J.K., Zhang L., (2018), *Southward shift of the global wind energy resource under high carbon dioxide emissions*, Nature Geoscience, 11, 38-43.
- Kendall M.G., (1975), *Rank correlation methods*, Charles Griffin, London, 202ss.
- Keskin A.Ü., Beden N., Demir V., (2018), *Analysis of annual, seasonal and monthly trends of climatic data: a case study of Samsun*, Nature Sciences (NWSANS), 13(3), 51-70.
- Koyuncu T., Lüle F., (2009), *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit Kampüsünün rüzgâr enerjisi potansiyelinin belirlenmesi*, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 6(2), 171-178.
- Kum G., Kılıç S., (2013), *Şehirleşmenin sıcaklık ve yağış parametreleri üzerine etkisi: Gaziantep örneği*, Sosyal Bilimler Dergisi, 3(6), 21-42.
- Mann H.B., (1945), *Nonparametric tests against trend*, Econometrica, 13(3), 245-259.
- Mert İ., Karakuş C., (2015), *Antakya Bölgesinde rüzgâr gücü yoğunluğu ve rüzgâr hızı dağılımı parametrelerinin istatistiksel analizi*, Politeknik Dergisi, 18(1), 35-42.

- Öztopal A., Şen Z., (2017), *Innovative trend methodology applications to precipitation records in Turkey*, Water Resource Management, 31, 727-737.
- Pusat Ş., (2017), *Sakarya Üniversitesi için rüzgâr enerjisi potansiyel belirleme çalışması*, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23(4), 352-357.
- Saplıoğlu K., Küçükerdem T.S., Alqaysi R.S.D., (2017), *Akdeniz Bölgesi akarsularının su kalitesi sınıflarının ve trendlerinin belirlenmesi*, DÜMF Mühendislik Dergisi, 8(1), 33-42.
- Sen P.K., (1968), *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau*, Journal of the American Statistical Association, 63(324), 1379-1389.
- Şen Z., (2012), *Innovative trend analysis methodology*, Journal of Hydrologic Engineering, 17(9), 1042-1046.
- Şen Z., (2017), *Innovative trend significance test and applications*, Theoretical and Applied Climatology, 127, 939-947.
- Şen Z., (2002), *İhtimaller hesabı prensipleri*, Bilge Kültür Sanat, İstanbul, 128 ss.
- Şişman E., (2018), *Türkiye'de seçilen hava kalitesi izleme istasyonları için eğilim (trend) değerlendirmeleri*, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 5(1), 134-152.
- Vautard R., Cattiaux J., Yiou P., Thépaut J.N., Ciais P., (2010), *Northern Hemisphere atmospheric stilling partly attributed to an increase in surface roughness*, Nature Geoscience, 3, 756-761.